

Артур ОБИДНЫК, Эдуард МАЛКИН, Александр ЯЦЕНКО
Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Украина

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ УСТРОЙСТВ И СИСТЕМ ОТБОРА НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ТЕПЛОТЫ СТОЧНЫХ ВОД СИСТЕМ КАНАЛИЗАЦИИ

Одним из возможных источников низкопотенциальной теплоты для систем теплоснабжения могут быть сточные воды систем канализации. В статье выполнен обзор и сравнение существующих устройств и систем для утилизации теплоты сточных вод во внутренних и наружных системах канализации, в частности представлены преимущества и недостатки использования устройств и систем.

Ключевые слова: сточные воды, горячее водоснабжение, низкопотенциальная теплота, тепловые насосы, утилизация тепла

ВВЕДЕНИЕ

По мере роста цен на традиционные источники энергии при одновременном сокращении их запасов и недостаточном внедрении систем энергоснабжения с использованием альтернативных (возобновляемых) источников энергии, вопрос повышения эффективности работы энергопотребляющих систем становится все более актуальным.

Объем потребления энергии сектором жилищно-коммунального хозяйства велик, а доля затрат энергии на приготовление горячей воды в нем составляет 20÷25%. При этом, значительная часть тепла выбрасывается в канализацию вместе со стоками [1]. Так согласно исследованиям проведенным Центром Энергосбережения Киев ЗНИИЭП температура стоков многоэтажного общежития составляет в среднем 20÷25°C, а в часы наибольшего потребления температура стоков достигает 30°C, графики изменения температур сточных вод приведены на рис. 1 [2]. Эти цифры говорят о потере половины тепла, при условии использования для ванн и душей воды с температурой до 50°C.

Если же говорить о сточных водах в городских коллекторах и за очистными сооружениями, то их температура будет ниже, чем у сточных вод на выпусках возле потребителей, вследствие потерь тепла в городских канализационных сетях. Но в то же время практически постоянные и значительные значения расхода в сочетании с малыми изменениями температуры сточных вод и зимой

и летом делают их удобным источником тепловой энергии для тепловых насосов.

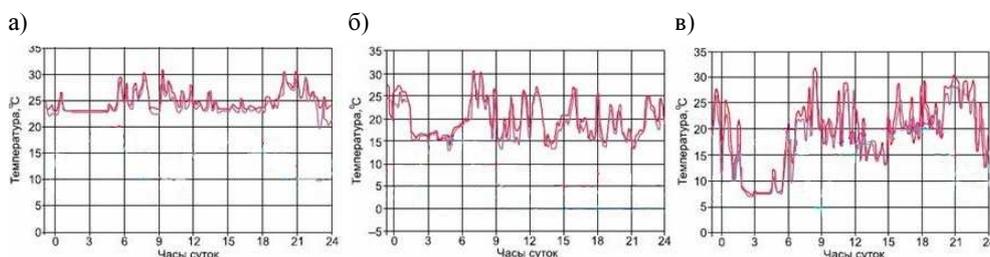


Рис. 1. Характер изменения температур канализационных стоков: а) летом (17 августа 2006 г.); б) осенью (17 ноября 2006 г.); в) зимой (31 января 2007 г.) [2]

1. СПОСОБЫ УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛА СТОЧНЫХ ВОД

Существуют различные подходы к классификации способов утилизации тепла сточных вод. Классификацию можно проводить:

- по типу установки: с тепловым насосом или без него;
- по типу сточных вод:
 - установки, работающие с «серыми» сточными водами,
 - установки, работающие с «черными» сточными водами,
 - установки, работающие с технологическими стоками производств;
- по месту отбора тепла:
 - установки, работающие на сточных водах городских коллекторов,
 - установки, работающие на выпусках сточных вод в городскую сеть от групп потребителей,
 - индивидуальные установки, работающие на сточных водах отдельных квартир, домов и пр. малых потребителей.

«Серыми» называют сточные воды от бытовых и хозяйственных нужд: стирка, мытье посуды, полов, вода от ванн, душевых кабин и пр. «Черными» называют сточные воды содержащие фекальные загрязнения [3]. Кроме того, «черные» сточные воды из-за присутствия фекальных загрязнений содержат большее количество опасных микробов и микроорганизмов чем «серые» воды.

Классификация по месту отбора тепла заслуживает детального рассмотрения, так как требует принципиально разных решений конструкции теплообменных устройств, в зависимости от места отбора тепла.

1.1. Установки, работающие на сточных водах городских коллекторов

При отборе тепла в городских коллекторах и за очистными сооружениями речь идет о больших и равномерных расходах сточных вод. Температура

сточных вод почти не изменяется на протяжении года, зимой она выше температуры окружающей среды, а летом ниже (рис. 2) [4].

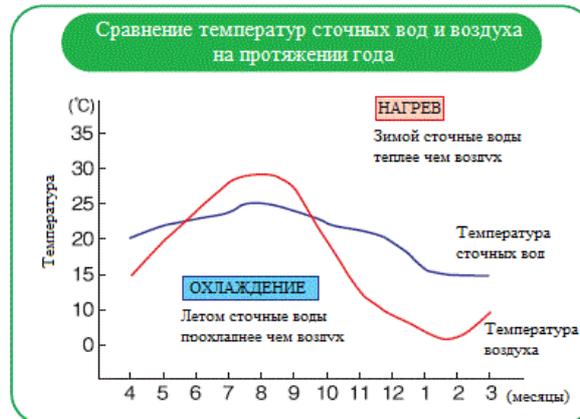


Рис. 2. Сравнение температур сточных вод и воздуха на протяжении года [4]

Для такого способа характерно применение крупных теплонасосных станций большой мощности для наиболее эффективного и экономически выгодного использования теплового потенциала сточных вод.

Такой способ требует значительных капиталовложений для проведения сложных и длительных проектных работ и строительства, квалифицированного персонала для обслуживания. Также в данном случае возникает проблема с транспортировкой полученной энергии из-за частого расположения станций вдали от возможных потребителей.

Преимуществами такого способа можно назвать значительную их эффективность при отборе низкопотенциального тепла. В зависимости от используемого оборудования, такие станции могут полностью обеспечивать теплом или теплом и холодом отдельные жилые, административные, производственные и прочие объекты или их группы.

1.2. Установки, работающие на выпусках сточных вод в городскую сеть от групп потребителей

При отборе тепла от таких групп потребителей как многоквартирные жилые дома или их секции температура сточных вод будет выше, чем в городских коллекторах. Это обусловлено близким расположением установок к источникам сточных вод, вследствие чего теплопотери в канализационных сетях незначительны. Вместе с тем у этих систем есть и недостаток - по сравнению с описанной выше системой у неё будет большая неравномерность расхода сточных вод.

Для установок по возврату тепла сточных вод, работающих на канализационных выпусках в городскую сеть от групп потребителей, выдвигается ряд

требований. Установка должна быть простой в обслуживании и надежной, поскольку такие установки сложно обеспечить постоянным квалифицированным обслуживающим персоналом; должна иметь простую и дешевую в изготовлении конструкцию для уменьшения срока окупаемости.

Ввиду перечисленных выше требований в данном случае использование тепловых насосов не приветствуется из-за их высокой стоимости и необходимости регулярного и дорогостоящего обслуживания. Для данного способа необходимы специализированные решения по конструкции теплообменных аппаратов, способных эффективно работать при малых значениях перепадов температур.

1.3. Индивидуальные установки, работающие на сточных водах отдельных квартир, домов и пр. малых потребителей

При отборе тепла сточных вод непосредственно у потребителя, необходимым условием является наличие индивидуального узла приготовления горячей воды. В роли потребителя здесь может выступать квартира, частный дом и другие не большие потребители.

Требования к такой системе такие же, как и для установок отбора тепла у групп потребителей. Установка фактически не должна требовать обслуживания. Из-за еще меньших мощностей, что увеличивает срок окупаемости, требования к надежности и долговечности еще более высокие, как и ограничения максимальной стоимости установки.

Этот способ, как и предыдущий, требует специальной конструкции теплообменных аппаратов, с высокими показателями эффективности работы при малых значениях перепадов температур, и малыми габаритами.

2. ПРИМЕРЫ СУЩЕСТВУЮЩИХ СИСТЕМ УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛОТЫ СТОЧНЫХ ВОД

2.1. Станция в Кораку 1-chome, Токио, Япония

В этом районе на станции для перекачки сточных вод была построена теплонасосная станция для использования теплоты неочищенных сточных вод, и последующего его использования.

Теплообменники предназначенные для передачи тепла от сточных вод тепловому насосу, находятся ниже станции перекачки. Трубы теплообменника изготовлены из титана для надежной и долговечной работы. Чистка труб происходит с помощью установленных в них щеток.

Экономия электрической энергии составляет 20% по сравнению с теплонасосной установкой использующей в качестве источника низкопотенциального тепла воздух. На станции установлено три тепловых насоса, два основных и один вспомогательный. Мощность основных насосов составляет: 10,5 МВт охлаждающей и 12,8 МВт нагревающей мощности каждый. Мощ-

ность вспомогательного: 3,9 МВт охлаждающей и 5 МВт нагревающей мощности. Коэффициент преобразования теплонасосной установки составлял в августе 1995 года 4,3, а в феврале 1996 года - 3,9. За период с апреля 1995 года по март 1996 года станция выработала 37 741 ГДж энергии для охлаждения воды, и 9151 ГДж энергии для приготовления горячей воды. Станция обеспечивает охлаждение воды до $+7^{\circ}\text{C}$, и нагрев до $+47^{\circ}\text{C}$, которая идет на обеспечение здания общей площадью 126 400 м² [5].

2.2. Автоматизированная теплонасосная установка в г. Зеленоград, Россия

Другим примером станции для использования тепловой энергии сточных вод в городских коллекторах является автоматизированная теплонасосная установка (АНТУ).

От теплонасосной станции в Koraku-1 chome (Токио, Япония) она отличается единственным режимом работы - на нагрев. Подогреваемая АНТУ вода используется котлами районной тепловой станции.

В качестве теплообменника для отбора низкопотенциального тепла сточных вод применен теплообменник-утилизатор. Схема АНТУ приведена на рисунке 3 [6].

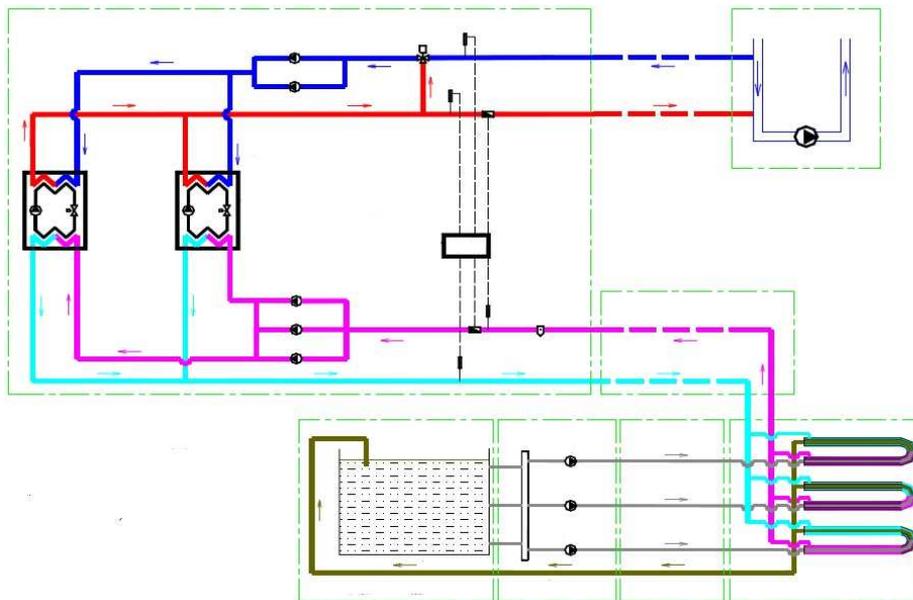


Рис. 3. Схема АНТУ в г. Зеленоград, Россия [6]

Проектная тепловая мощность АНТУ составляет 2 МВт, из которых тепловая мощность утилизации 1,7 МВт, температура сточных вод при испытаниях установки составляла $20\pm 22^{\circ}\text{C}$. Температура нагрева воды перед котлами

районной тепловой станции (РТС) составляет 30°C. Достигнутая при испытаниях экономия энергии составила 65%.

2.3. Установка ThermoCYCLE для «серых» сточных вод

Помимо мощных теплонасосных станций работающих на сточных водах в городских сетях, существуют решения для средних и малых потребителей. На рисунке 3 приведен пример такого решения - установка ThermoCYCLE фирмы Forstner Speichertechnik GmbH.

Данная установка выпускается в трех типоразмерах, для расходов 40, 80 и 130 л/мин, также возможно параллельное подключение модулей установки в зависимости от потребностей потребителя. Размеры установки составляют от 355 до 630 мм в диаметре, и от 1000 до 1660 мм в высоту.

Конструктивно установка представляет собой резервуар, в который набирается теплая сточная вода. Внутри резервуара находится теплообменник из нержавеющей стали, по которому движется подогреваемая вода, отбирая тепло у сточной воды. Также предусмотрена система автоматики, которая производит очистку установки от накопленных образований и засорений. Подача воды в резервуар установки предусмотрена снизу вверх, через фильтрующую сетку, таким образом что все крупные частицы остаются на ней, не попадая в резервуар с теплообменником. По истечении заданного в контроллере времени, автоматически открывается клапан чистящей форсунки, которая распыляет воду над фильтрующей сеткой, смывая при этом все засорения в канализацию.

Следует отметить что из-за конструктивных особенностей установки ее использование возможно исключительно с «серыми» сточными водами, также недопустимо использование установки со сточными водами содержащими жировые загрязнения. Это существенно ограничивает сферу применения установки ThermoCYCLE, и делает невозможным ее использование для систем канализации без отделения фекальной канализации, а также для кухонь ресторанов, столовых, кафе и других похожих помещений, несмотря на такой благоприятный фактор как постоянный и значительный расход горячей воды.

В зависимости от того, где будет устанавливаться установка - в существующем здании или новострое, необходимы следующие мероприятия:

- в существующих зданиях необходимо проводить реконструкцию систем канализации для отделения фекальных стоков;
- в новом строительстве необходимо проектировать и сооружать две системы канализации, для отделения фекальных стоков.

Необходимость отделения фекальных стоков приводит к значительным капиталовложениям, особенно при реконструкции, а в ряде случаев вообще не может быть осуществлено.

Также установка не может быть применена в квартирах с индивидуальными установками приготовления горячей воды из-за значительных габаритных размеров и особенности подключения. По заявленным производителем дан-

ным, установка позволяет сократить потребление энергии на приготовление горячей воды на 25% [7].

2.4. Установка PowerPIPE

Совершенно другим как по принципу действия, так и конструктивно примером оборудования для использования теплоты сточных вод является установка PowerPIPE канадской фирмы RenewABILITY (рис. 4).

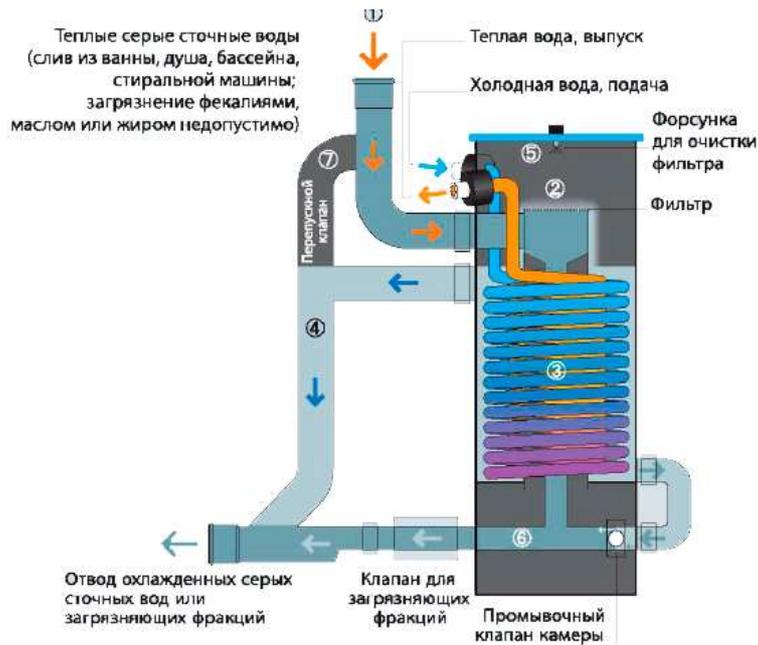


Рис. 4. Установка ThermoCYCLE [7]

Конструктивно она представляет собой металлическую основную трубу с навитыми на нее снаружи прямоугольными трубками. По основной трубе движутся теплые сточные воды, а по навитым снаружи трубкам, которые идут параллельно в четыре ряда для уменьшения скорости движения воды и гидравлического сопротивления, движется подогреваемая вода.

Для монтажа установки необходим прямой вертикальный участок трубы системы канализации. Рекомендуемая производителем длина установки составляет от 30 '' до 72 '' (762 до 1829 мм, но при необходимости могут быть изготовлены образцы любой длины). Обязательным условием монтажа является вертикальное положение установки. Такой монтаж обусловлен принципом работы этой установки, а именно использованием пленочного распространения жидкости по всей внутренней поверхности трубы.

Конструкция установки проста, у конструкции установки отсутствуют сложные узлы которые могут выходить из строя, и не требует обслуживания. Установка фактически не занимает свободного пространства (диаметр основной части установки незначительно превышает диаметр трубы) и требует лишь возможности подвода подающего и обратного трубопроводов подогреваемой воды.

К недостаткам установки можно отнести неэффективность ее использования в горизонтальном положении.

Заявленный показатель снижения энергозатрат на нагрев горячей воды при использовании данной установки составляет до 40% [9].

ВЫВОДЫ

Использование в тепло- и холодоснабжении сточных вод обладает значительным потенциалом. Использование этого потенциала позволило бы значительно повысить эффективность использования традиционных источников энергии. Но из-за несовершенства существующих на данный момент устройств для использования тепла сточных вод данная технология не достаточно распространена. Проведя анализ преимуществ и недостатков существующих конструкций, можно сформулировать ряд требований к теплообменным устройствам для отбора тепла сточных вод:

- конструкция должна быть простой и дешевой в производстве;
- теплообменник должен обеспечивать высокие показатели эффективности работы с водой включающей фекальные, жировые и пр. возможные загрязнения;
- поверхность контакта со сточными водами должна быть устойчива к разрушению от контакта со сточными водами, также поверхность должна легко очищаться от всевозможных отложений;
- конструкция устройства должна быть сконструирована таким образом, чтобы при повреждении теплообменника, попадание сточных вод в систему водоснабжения было невозможным и легко обнаруживалось;
- гидравлическое сопротивление контура подогреваемой воды должно быть минимальным для возможности работы устройств от давления в системе водоснабжения;
- устройство не должно создавать никаких препятствий естественному движению сточных вод и не должно требовать существенных изменений существующей системы канализации объекта.

Соответствие новых образцов оборудования данным требованиям позволит упростить процедуру адаптации существующих систем к использованию тепла сточных вод и упростит процесс проектирования новых систем с отбором тепла сточных вод.

Благодарность

Авторы статьи выражают благодарность Олегу ЛЫСАКУ, аспиранту кафедры теплотехники Киевского национального университета строительства и архитектуры за оказанную им помощь в создании статьи.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Утилизация тепла сточных вод. Читатели спрашивают [Электронный ресурс]. Url: http://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=5462. Дата обращения: 10.11.2014.
- [2] Гершкович В.Ф., Исследование работы теплового насоса, использующего теплоту грунта и канализационных стоков, в системе горячего водоснабжения, Энергосовет. 2010, № 3 (№ 8), с. 24-31. Url: http://www.energsovet.ru/bul_stat.php?idd=53
- [3] Dr. Allen V. Barker; Jean E. English (Sep 2011). "Recycling Gray Water for Home Gardens" Url: <http://extension.umass.edu/landscape/fact-sheets/recycling-gray-water-home-gardens>. University of Massachusetts. Archived from the original on September 1, 2012. Url: <http://web.archive.org/web/20120901010624/http://extension.umass.edu/landscape/fact-sheets/recycling-gray-water-home-gardens>
- [4] http://www.gesui.metro.tokyo.jp/english/env_guide/img/04_03_02.gif
- [5] Шилкин Н.В., Утилизация тепла канализационных стоков, Сантехника 2003, № 1, с. 12-13.
- [6] <http://www.insolar.ru/doc/12-2.pdf>
- [7] <http://www.speichertechnik.com/english/pdf/ThermoCYCLE-english.pdf>
- [8] <http://www.speichertechnik.com/english/grauwasser.html>
- [9] Zaloum Charles, Drain water recovery characterization and modeling, (Charles Zaloum, Maxime Lafrance, John Gusdor), Sustainable Buildings and Communities, Natural Resources Canada, Ottawa, June 29, 2007 Url: http://www.gfxtechnology.com/NRCAN-6_29_07.pdf

ANALYSIS OF EXISTING DEVICES AND SYSTEMS FOR UTILIZATION OF LOW-GRADE HEAT WASTE SEWAGE WATER

One possible source of low-grade heat for heating systems is sewerage waste water. The article presents the review and the comparison of existing devices and systems for heat recovery of waste water in the interior and exterior sewer systems, in particular, the advantages and disadvantages of the use of devices and systems.

Keywords: waste water, hot water, low-grade heat, heat pumps, heat recovery